

Anna-Kaisa Lindfors

# Tarjoilulasikon rakenteen ja ilmanvaihdon kehittäminen sekä kylmäaineen vaihto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

03.08.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Anna-Kaisa Lindfors Tarjoilulasikon rakenteen ja ilmanvaihdon kehittäminen sekä kylmäaineen vaihto 33 sivua + 3 liitettä 03.08.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneensuunnittelutekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen Tuotannonkehityspäällikkö Risto Koskelainen
<p>Työssä tutkittiin tarjoilulasikon rakennetta ja ilmanvaihtoa. Pyrkimyksenä oli poistaa turhat työvaiheet ja turhat osat, jouduttaa työnkulkua sekä lisätä työergonomiaa.</p> <p>Kaikki korjaukset menivät suoraan tuotantoon, joten ne suoritettiin yhteistyössä tuotannon kanssa. Osa ongelmista saatiin ratkaistua nopeasti ja otettua heti käyttöön, mutta osan saralla jouduttiin suorittamaan tarkempia testejä ja luomaan vaihtoehtoja ennen toimivimman ratkaisun löytämistä.</p> <p>Pääasiassa työ on suoritettu haastattelu- ja kokeiluperiaatteita hyväksi käyttäen. Tuotannon työntekijöillä on useamman vuoden kokemus tarjoilulasikon valmistuksesta, ja tätä tietotaitoa hyödynnettiin kehitysprojektin aikana.</p> <p>Tarjoilulasikon rakenteen kehittämisen lisäksi työssä tutustuttiin R290-kylmäaineen käyttöönoton vaateisiin ja huomioitaviin seikkoihin. Tarjoilulasikossa on tällä hetkellä käytössä R404A, mutta ympäristöllisten haittavaikutusten takia sen käyttö ollaan kieltämässä laillisesti ja tehdas on sen myötä siirtymässä ympäristöystävällisemmän R290:n käyttöön. R290:n käyttöönotto ja testaukset ovat vielä kesken, joten tässä työssä keskityttiin enemmän kylmäaineen vaatimuksiin ja huomioitaviin asioihin suunnittelussa käytännön toimivuuden sijasta.</p> <p>Työstä saatujen tulosten perusteella luotiin kokonaiskuva ja toimintasuunnitelma, kuinka työtä lähdetään viemään eteenpäin ja arvioitiin kannattavinta vaihtoehtoa.</p>	
Avainsanat	Tarjoilulasikko, Kylmäaine, R290

Author Title Number of Pages Date	Anna-Kaisa Lindfors Improvement of the Service Display and Investigation of the Refrigerant Change 33 pages + 3 appendices 3 September 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Design Engineering
Instructors	Pekka Salonen, Senior Lecturer Risto Koskelainen, Manager of Manufacturing Engineering
<p>The main goal of the Bachelor's thesis was to improve the structure and venting of the service display. According to the findings of the structure, the improvement process of the service display was started with the employees. The additional goals of the thesis were to minimize the number of parts, increase ergonomics and speed up the production process. The employees were interviewed during the development process, because they have the most accurate view of the problems encountered in production. Employees' improvement suggestions could be either utilized immediately or taken into consideration.</p> <p>All improvements were implemented in production, if possible. Some of them were quick and easy improvements, but some needed more testing and consideration before carrying them out in production.</p> <p>The whole project was mainly accomplished by interviewing workers and by testing the options. While testing the options, several alternative solutions were discovered, analyzed and improved until the final and the best option was found.</p> <p>The improvement process of the service display included also the background investigation of the new refrigerant. The manufacturer is using at the moment the R404A as the refrigerant, but it is not environment friendly. Due to legislation changes, however, R404A should be replaced with a more environmentally friendlier refrigerant R290. The project also researched specific information what needs to be taken into consideration when changing the refrigerant from R404A to R290.</p>	
Keywords	Serving display, Refrigerant, R290

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Metos Oy Ab	1
3	Tarjoilulasikko	2
3.1	Vitriini	3
3.1.1	Rakenne	3
3.1.2	Sivupalkki	5
3.1.3	Hyllynkannake	6
3.1.4	Hyllyjen painomerkinnot	7
3.2	Runko	8
3.2.1	Rakenne	8
3.2.2	Pohja- ja pätyeristeet	9
3.2.3	Pohjalevy	12
3.2.4	Johdotukset	12
3.2.5	Tippa-allas	12
3.2.6	Höyrystin	14
3.2.7	Imupuolen ilmankierronreikä	15
3.2.8	Ottopuolen ilmankierronreikä	21
3.2.9	Letkuliitin	27
4	Kylmäaine eli R-aine	28
4.1	Luokitukset	28
4.2	R404A	29
4.3	R290	30
4.4	Huomioitavaa	30
5	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

## Liitteet

Liite 1. Kylmäaineen ominaisuuksia, R404A

Liite 2. Epäorgaaniset kylmäaineet, R290

Liite 3. Propanin altistumistavat ja ensiapu

## Lyhenteet

<b>GWP</b>	<i>Global Warming Potential</i> eli ilmastonlämpenemiseen vaikuttava tekijä ilmoittaa kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden, käyttäen vertaislukuna hiilidioksidin haitallislukua (arvo 1,0).
<b>ODP</b>	<i>Ozone Deplation Potential</i> eli otsonikerroksen haitallisuuskerroin ilmoittaa kylmäaineen suhteellisen haitallisuuden otsonikerrokseen nähden (referenssi lukuna R11).
<b>TEWI</b>	ilmoittaa kylmäkoneen elinaikanaan tuottaman kasvihuonehaitallisuuden kilogrammoina hiilidioksidia. Toisin sanoen, otetaan huomioon sekä kylmäaineesta että laitteen energiankulutuksesta johtuvat hiilidioksidipäästöt.

## 1 Johdanto

Tarkoituksena on tarkastella tarjoilulasikon rakennetta ja kokoamisprosessia. Tarkastelun perusteella luodaan käsitys lasikon nykyisestä rakenteesta ja mahdollisista kehityskohteista. Tavoitteena on luoda tuotannollisesti tehokkaampi kokonaisuus, josta turhat osat on poistettu tai muokattu helpommin asennettaviksi kokonaisuuksiksi. Työ suoritetaan yhteistyössä tuotannon työntekijöiden kanssa, sillä kaikki tehdyt korjaukset tulevat heti käyttöön ja tuotannon puolella on paras käsitys, millainen toteutus voisi toimia käytännössä.

Lisäksi työssä tarkastellaan uuden kylmäaineen käyttöönottoa. Kuinka ympäristöystävällisempi R290 kylmäaine eroaa nykyisestä R404A:sta ja mitä vaateita R290 tuo mukanaan? Voidaanko nykyisiä putkistoja ja järjestelmiä hyödyntää vai tulee ko määrässä ja ympäristössä ottaa huomioon jotakin uutta?

## 2 Metos Oy Ab

Metos Oy Ab on 1920-luvulta saakka toiminut ammattikeittiölaitteiden ja -kalusteiden valmistaja ja markkinoija. Metoslaisia on noin 750, yhdeksässä eri maassa. Metos on markkinajohtaja Pohjoismaissa, Baltian maissa sekä Benelux-maissa ja kuuluu ALI-ryhmään, joka on Euroopan johtava ammattikeittiölaitteiden valmistaja. Yrityksen pääkonttori, tehdas sekä Metos Center -koulutuskeskus sijaitsevat Keravalla, mutta muita Metoksen tehtaita löytyy myös Suomesta Sorsakoskelta sekä Virossa Tallinnasta.

Metoksen tuotenimeen yhdistetty Kitchen Intelligence kertoo pyrkimyksestä kohottaa ammattikeittiöiden suorituskyykyä. Kattavan laitevalikoiman lisäksi Metos pystyy tarjoamaan asiakkailleen markkinoiden laajimman palvelupaketin. Keittiösuunnittelu, koulutus sekä huoltopalvelut takaavat, että asiakas saa täyden hyödyn tekemästään investoinnista.

Tuotemerkkinä Metos pitää huolen siitä, että asiakas saa tarvitsemansa tuen kaikissa keittiönsä vaiheissa. Oleellisena asiana keittiön parhaimman toiminnan kannalta Metos Oy Ab pitää suunnittelua, joka lähtee aina asiakkaan tarpeiden kartoittamisesta. Metok-

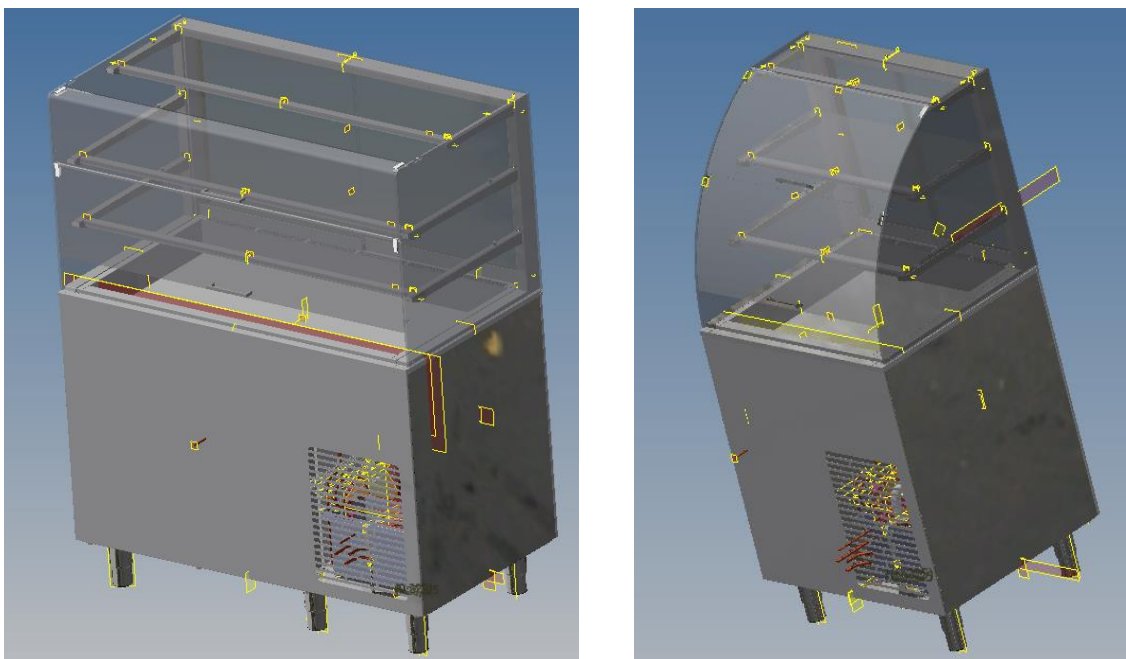
sen myyntiverkosto pystyy asiantuntemuksensa ja laajan tuotevalikoimansa avulla palvelemaan sekä yksittäisissä laitetarpeissa että vaativissa keittiöprojekteissa. Suomessa olevan keskusvaraston ansiosta osa tuotteista pystytään toimittamaan jopa seuraavaksi päiväksi. Metoksen tarjoaman käyttökoulutuksen tarkoituksena on perehdyttää käyttäjät laitteiden tehokkaaseen, turvalliseen ja ympäristöystävälliseen käyttöön. Koulutus voi tapahtua joko asennuspaikalla tai Metos Centerin koekeittiössä.

Metos on ainut eurooppalainen ammattikeittiöalan yritys, joka pystyy tarjoamaan kokonaispalveluja yhdeksässä maassa. Laitevienti on keskitetty Metos Manufacturing –liiketoimintayksikköön, jolla on laaja kansainvälinen jakeluverkosto. Erityinen painopistealue on sekoittavat padat.

(Metos Oy Ab, 2018).

### **3 Tarjoilulasikko**

Työssä keskityttiin muokkaamaan tarjoilulasikkoa, jota valmistetaan kolmessa eri koossa ja kahdella eri vitriinin muodolla. Lasikoiden leveydet olivat 800, 1200 ja 1600, mikä numerointi kuvaa millimetreinä kappaleen alaosan leveyden. Lisäksi vitriinin muodoksi voitiin valita pyöreä tai neliskulmainen ja hyllyjen määrää voitiin muokata kahdesta kolmeen (kuvassa 1). Tarjoiluvitriini oli mahdollista rakentaa kaksipuoleiseksi, jos asiakkaalla olisi sille tarvetta. Runko ja rakenne olivat kaikille malleilla sama, ainoa ero oli ala- ja yläosan yksityiskohdat.



Kuva 1 Vasemmalla neliskantinen ja oikealla pyöreä malli

Ideana oli löytää kokoamisen pullonkaulat ja muokata ne työntekijöille helpommin hallittaviksi kokonaisuuksiksi. Työssä käsiteltiin kaikki muutokset mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Periaatteena oli selittää mitä muokattiin, miksi muokattiin ja millainen lopputulos saatiin aikaiseksi. Lisäksi selvennetään muutoksesta aikaansaatu hyöty tuotannollisesta ja rakenteellisesta näkökulmasta. Tavoitteena oli kehittää lasikkoa toimivaan muotoon, ja kaikki tehdyt muutokset menivät suoraan tuotantoon.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään, millaisia muutoksia lasikkoon suoritettiin ja miten muutokset edistivät tuotannon toimintaa. Muutokset käsitellään omina kokonaisuuksinaan riippuen siitä liittyvätkö ne yläosan vitriiniin vai alaosan runkoon. Kappaleissa on havainnollistettu, kuinka ilmankierto toimii lasikossa ja miten eri kappaleet vaikuttavat sen toimintaan.

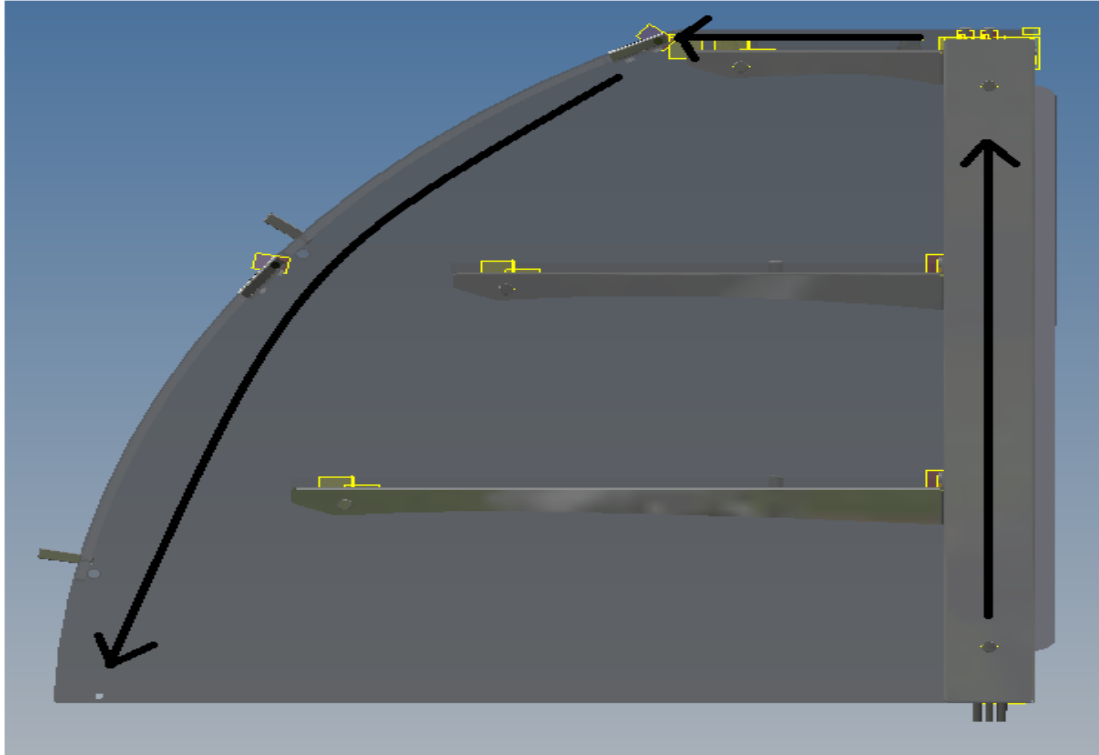
### 3.1 Vitriini

#### 3.1.1 Rakenne

Vitriini käsittää tarjoilulasikon yläosan. Se koostuu hyllyistä, hyllynkannakkeista, led-valoista, sivuikkunoista ja ovista (kuva 3). Hyllyille asiakas voi laittaa haluamansa tuotteet esille ja alimpaan hyllyyn asennettu anturi kertoo vitriinin sen hetkisestä lämpötilasta,

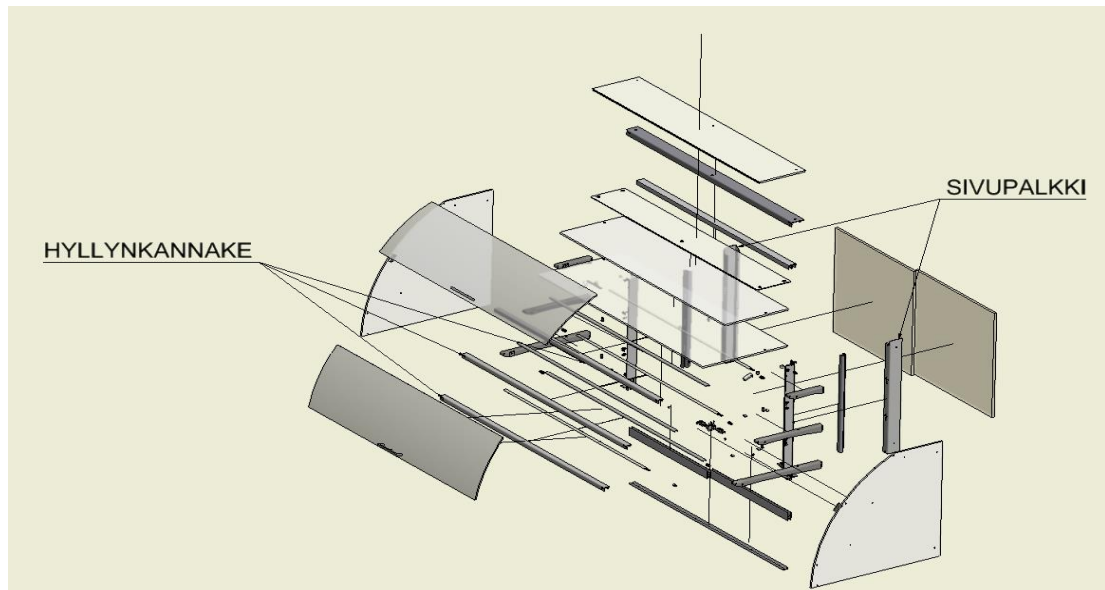


jota koneikon avulla voi säädellä. Vitriinin ilmankierto on havainnollistettu mustien nuolten avulla kuvassa 2. Ylimmäinen hylly toimii ohjurina, jotta ilmankierto saadaan maksimoitua.



**Kuva 2 Vitriinin ilmankierto**

Aloitusvaiheessa oltiin jo tietoisia, ettei vitriiniin tarvitse tehdä suuria muutoksia. Rakennetta korjattiin enemmän yksityiskohtien tiimoilta, jolloin turhat välivaiheet, kuten porailu, saatiin poistettua. Kuvasta 3 on merkattu kappaleet, joita työssä muokattiin.



Kuva 3 Vitriinin räjäytyskuva

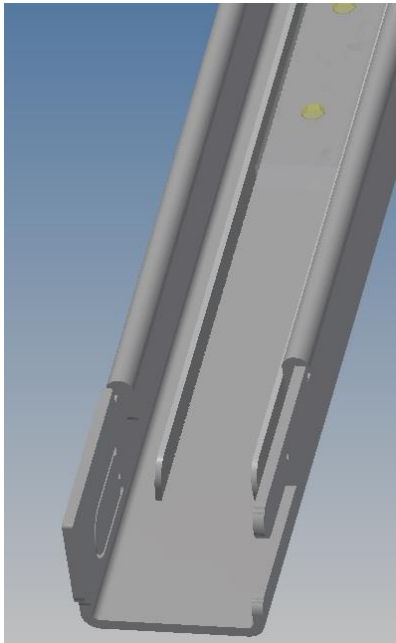
### 3.1.2 Sivupalkki

Sivupalkista puhuttaessa tarkoitetaan lasikon sivuille sijoitettavia palkkeja, joihin lasikon yläosan hyllyt kiinnitetään. Sivupalkissa sijaitsevia hyllyjen kannake- ja johdonläpivientireikiä jouduttiin asennusvaiheessa suurentamaan, jotta johdot ja kannake saataisiin paremmin palkkiin kiinni. Jos reikiä ei suurennettu, olivat reiät liian ahtaita johtojen asennukselle, mikä lisäsi johtojen hankautumisriskiä reunaa vasten.

Ongelman korjaamiseksi johtojen ja hyllynkannakkeen reikiä suurennettiin 7,5 mm:iin, minkä ansiosta johdot ja hyllyt oli helpompi asentaa paikalleen ilman ylimääräistä porausta. Reunat saatiin myös sileämmiksi, jolloin rispautumisriski väheni huomattavasti.

### 3.1.3 Hyllynkannake

Hyllynkannakkeet sijoittuvat kappaleessa yläosan vitriinin hyllyjen etureunaan. Ne kannattelevat hyllyjä, ja niiden sisällä kulkee led-valot ja lämpöanturi (alimmassa hyllyssä). Ongelmana hyllynkannakkeissa oli käsiin mahdollisesti tulevat viiltohaavat vitriinin puhdistuksen yhteydessä.



Kuva 4 Hyllynkannake, valaisinkouru ja led-valo

Ratkaisuna ongelmalle kannakkeen alareunaan tehtiin ns. tuplakantti, minkä ansiosta reunasta tuli pyöreä, mikä ennaltaehkäisi viiltelyä. Tuplakantin mitoituksessa tuli kuitenkin huomioida myös kannakkeeseen kiinnitettävä led-valot ja lämpöanturi. Led-valot kiinnitetään hyllynkannakkeeseen valaisinkourun avulla, joka kiinnitetään kaksipuolisen tei-

pin avulla. Anturi kiinnitetään kappaleeseen muovisen johtoliittimen avulla, jonka alapinnassa on liimapinta. Liitin pitää johdon paikallaan ja estää sen roikkumisen. Liittimen korkeus oli 10,2 mm eli tuplakantti sai maksimissaan olla 8,2 mm.

Kuvasta 4 on nähtävissä hyllynkannate, jonka reuna on kantattu. Keskellä näkyy valaisinkouru, johon led-valo kiinnitetään. Led-valon alla on teippikiinnitys ja valokouru kiinnitetään hyllynkannakkeeseen kaksipuolisen teipin avulla.

#### 3.1.4 Hyllyjen painomerkinnät

Vitriinin hyllyt on tarkoitettu pääasiassa ruokatarvikkeille ja virvoitusjuomille, joiden kokonaispaino ei nouse kauhean suureksi ja kuormitus levittäytyy koko hyllyn alalle. Maksimikuormitusta ei hyllyille ollut kuitenkaan missään vaiheessa määritetty. Vielä ei ollut tullut asiakaspalautetta, etteivät hyllyt olisi kestäneet, mutta vastaisuuden varalta päätettiin hyllyjen maksimikuormituskestävyys määritellä.

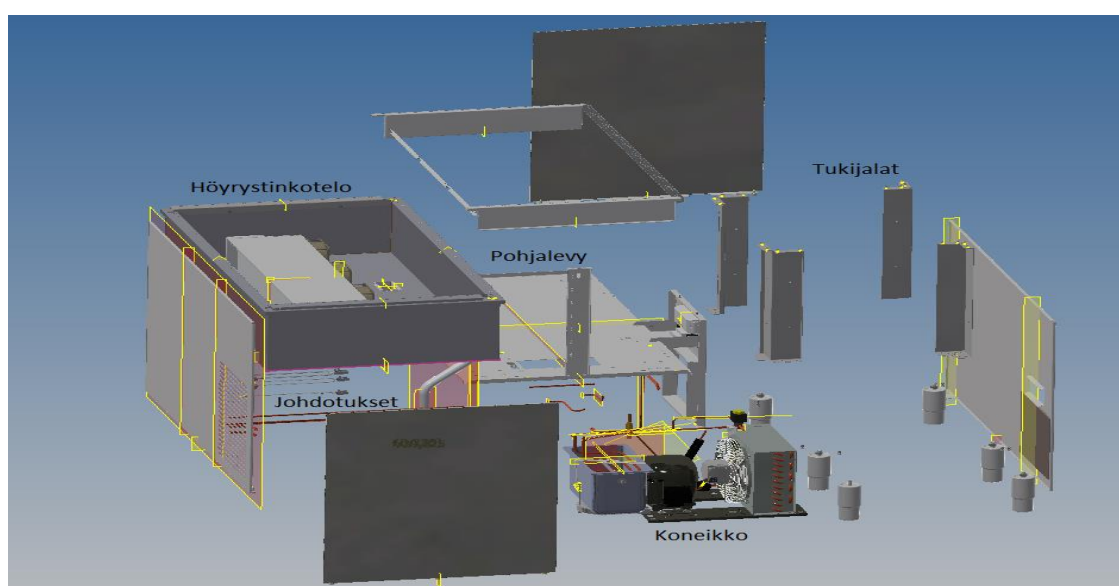
Määrittely päätettiin suorittaa testaamalla, sillä karkaistulle lasille kuormituskestävyyttä oli haasteellista laskea ja arvioida. Testauksessa apuna hyödynnettiin Metoksen kuntosalilta löytyneitä levypainoja sekä momenttivetotyökälua. Ideana oli luoda mahdollisimman todenmukainen kuva hyllyyn kohdistuvasta kuormituksesta. Kuormituksen tuli siis olla tasaista pistemäisen sijasta.

Testi keskeytettiin siinä vaiheessa, kun hyllyt alkoivat osoittaa merkkejä taipumisesta. Tarkoituksena ei kuitenkaan ollut rikkoa testattavia tuotteita vaan määritellä piste, jossa hyllyt alkavat reagoimaan lastattuun painoon. Vitriinien alaosat suojattiin huolellisesti, jotta jos yläosan lasit antaisivatkin periksi, niin lasipölyä ei joutuisi koneikkoon ja muualle. Näin alaosat olisivat testin jälkeen käyttökelpoisia, vaikka yläosa jouduttaisiin vaihtamaan. Rasituskestävyys määritettiin kaikille eri kokoisille ja muotoisille lasikon malleille ja tiedot kirjattiin asiakkaille meneviin ohjeisiin. Tarkoituksena oli ennalta ehkäistä mahdollisia rikkoutumisia määrittelemällä suuntaa antava maksimikestävyys jokaiselle hyllylle.

## 3.2 Runko

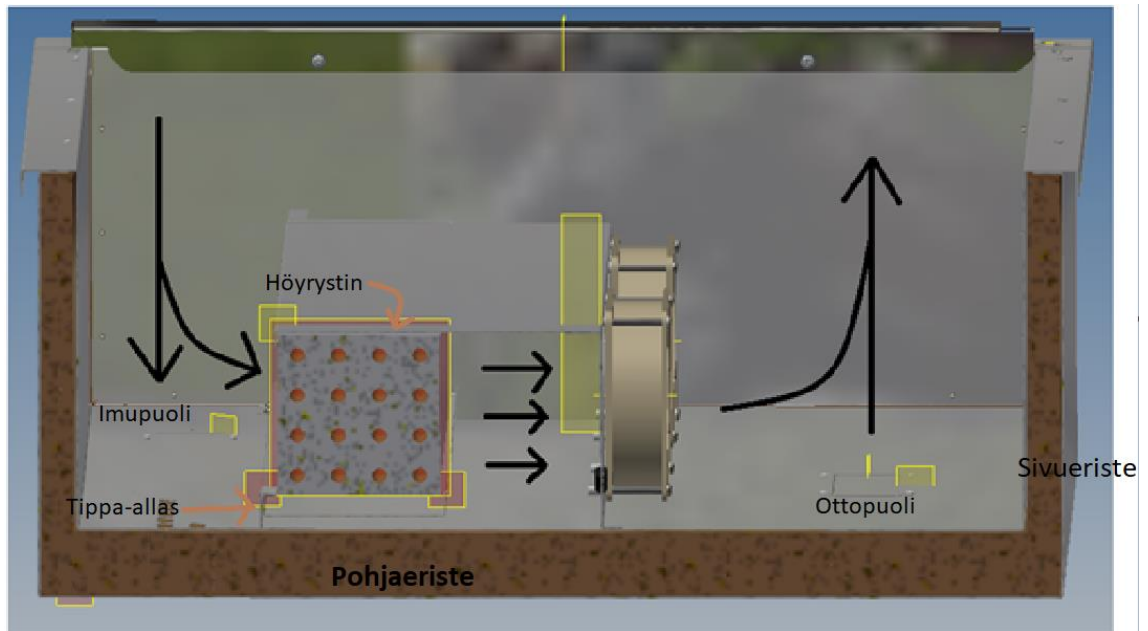
### 3.2.1 Rakenne

Runko käsittää lasikon alaosan. Runkoon tehtiin työn aikana suurimmat muutokset, varsinkin rungossa sijaitsevaan höyrystinkoteloon. Kuvaan 5 on merkitty kappaleet, joihin muutoksia tehtiin. Suurimmat muutokset tapahtuivat höyrystinkotelossa, jonka rakentamiseen kuuluvat tippa-allas, höyrystin ja uretaanilevyt. Höyrystinkotelossa keskityttiin parantamaan etsimään parempia ratkaisuja tippa-altaalle, höyrystimen ilmankierrolle, sisäpohjan ilmanvaihtorei'ille sekä uretaanilevyjen muotoiluille.



**Kuva 5 Rungon räjäytyskuva**

Höyrystinkotelo vastaa lasikon ilmankierron toimivuudesta. Höyrystinkotelossa sijaitsevan höyrystimen tehtävä on viilentää lasikossa kiertävä ilma. Kun runkoon kiinnitetään jääkaappi imu- ja ottopuolen reikien kautta, kiertää ilma myös rungon puolella, mutta jääkaapittomassa versiossa reiät peitetään alumiiniteipillä ja ilma kiertää vain vitriinin puolella. Höyrystimeen kylmäaine saadaan pyörimään rungossa olevan koneikon avulla, mikä viilentää pyöritettävän ilman. Kuvassa 6 osoitetaan mustilla nuolilla ilmankiertoa sellaisessa tilanteessa, jossa jääkaappi on kytkettynä runkoon.

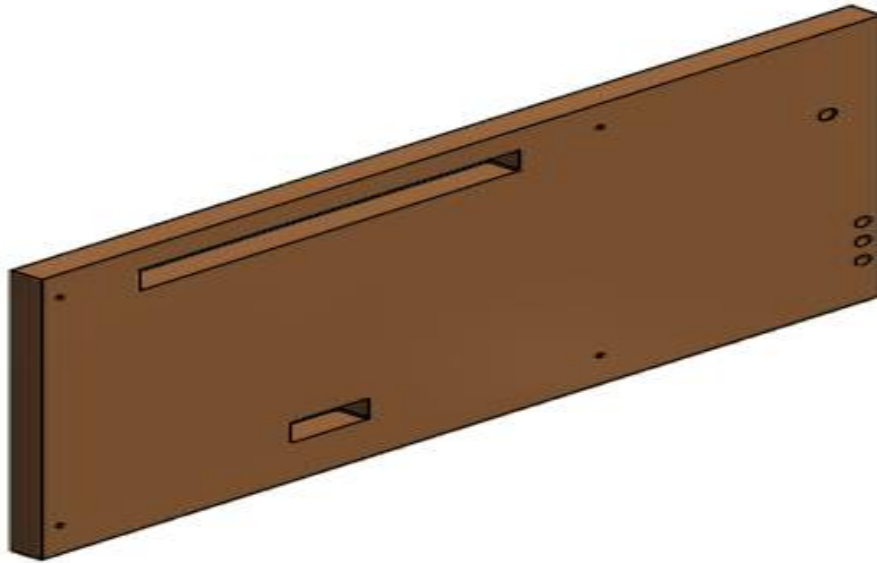


Kuva 6 Höyrystimen ilmankierto (runko)

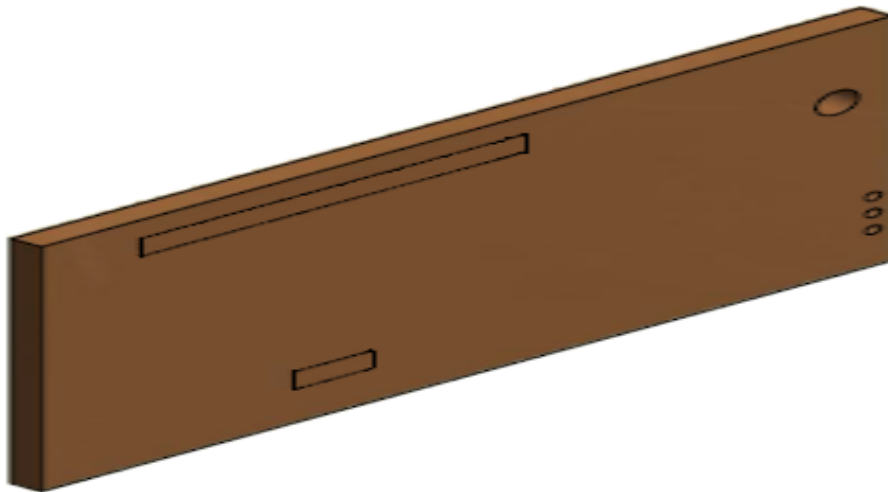
### 3.2.2 Pohja- ja päätyeristeet

Tarjoilulasikon altaan reunoissa ja pohjassa käytettiin eristeenä uretaanilevyä. Levyt tilattiin toimittajalta valmiiden piirustusten mukaisesti. Piirustuksista ilmeni levyjen koot sekä reikien ja aukkojen sijainnit.

Kuva 7 esittää lähtötilannetta, mistä muokkauksia lähdettiin pohjaeristeeseen tekemään. Vaikka kuvassa näkyy valmiita reikiä, ei niitä leikattu toimittajan toimesta, vaan koamisvaiheessa tuotannon työntekijöiden toimesta. Tuotannon työntekijät sanoivat vaihetta hitaaksi, vaivalloiseksi ja turhauttavaksi. Yksi työntekijä oli sidottuna leikkaamiseen, mikä hidasti tuotantoa eikä jälkeä saa koskaan niin siistiksi tai tarkaksi kuin toivottaisiin. Lisäksi kaikki piirustuksiin merkityt reiät eivät olleet tarpeellisia.



Kuva 7 Pohjaeristeen lähtötilanne

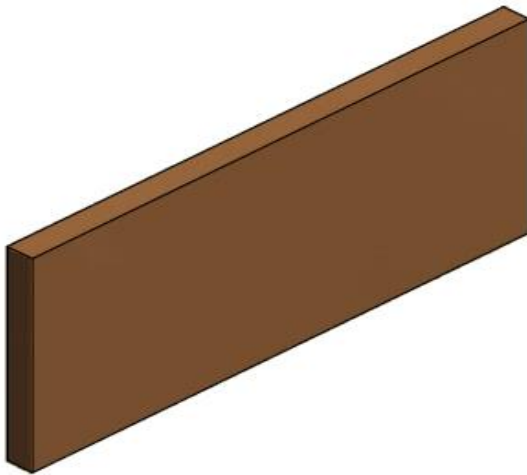


Kuva 8 Pohjaeriste muutosten jälkeen

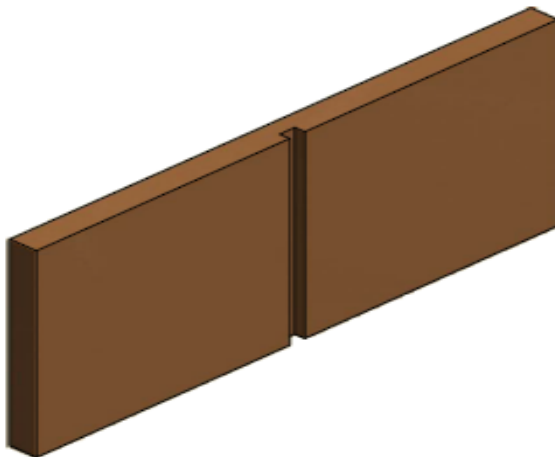
Muokkausten tavoitteena oli poistaa turha työ kokoamisvaiheesta, mikä tarkoitti reikien leikkaamista. Levyt leikataan jatkossa kokonaan vesileikkurin avulla. Ajon helpottamiseksi kappaletta muokattiin seuraavasti: turhat reiät poistettiin, viemärin reikä käännettiin levyyn oikein päin ja ilmankierron tulo- ja imupuoli muokattiin katkoviivalla leikattavaksi (kuva 8). Tulo- ja imupuolen katkoviivan leikkauksen ideana oli, että toimittaja leikkaa reiät ja tilkitsee ne ylitse jääneellä uretaanilla, jolloin kokoamisvaiheessa voidaan

tarvittaessa vain työntää ylimääräinen uretaani levystä irti. Tätä kautta saatiin turha leikkaaminen pois tuotannosta ja työ muuttui sujuvammaksi.

Päätyeristeeseen (kuva 9) tarvittiin päätyyn tuleville johdoille railo, jotta johdot saatiin sulavasti tuotua lasikon yläosasta rungon puolelle. Aiemmin päätyeristeessä ei ollut tilaa viedä johtoja levyä pitkin koneikon puolelle ja uretaaniin jouduttiin leikkaamaan johdoille railo, jota pitkin johdot saatiin vietyä koneikon puolelle. Päätyeristeiden leikkuussa päätettiin käyttää samaa metodia kuin pohjaeristeiden kohdalla, sillä ne tulivat samalta toimitajalta. Näin saatiin päätyeristeeseen tarvittu johtojen läpivienti (kuva 10) ja tuotannosta yksi välivaihe jäi pois.



Kuva 9 Päätyeriste ennen



Kuva 10 Päätyeriste jälkeen



### 3.2.3 Pohjalevy

Pohjalevy sijoittuu rakenteessa uretaanilevyn alle, lasikon kaapiston päälle. Kyseiseen osaan kiinnitetään rungon tukijalat, putkisto ja runko. Ongelmana oli, että osa tukijalkojen rei'istä joko puuttui tai oli väärässä paikassa. Lisäksi kokoamisvaiheessa kokoonpantua höyrystinkoteloä jouduttiin pyörittelemään ilmassa, jotta se saatiin koottua. Ilmassa pyöritteleminen oli hidasta ja epäergonomista.

Epäkohtien korjaamiseksi kappaleeseen lisättiin tukijalan puuttuvat reiät. Lisäksi pohjaan lisättiin neljä kappaletta popniitin mentävää reikää kohdistamisen helpottamiseksi. Popniittien reiät oli sijoitettu pohjaan rungon jääkaapin reikien mukaisesti, jolloin turha kääntely ilmassa pystyttiin jättämään pois. Runko ja höyrystinkotelo saatiin kohdilleen ilman tarvetta nostaa kappaletta ilmaan. Näin saatiin työn ergonomiaa parannettua ja kokoamista nopeutettua.

### 3.2.4 Johdotukset

Tuotanto oli tähän asti tehnyt johdot alusta asti itse. Työ oli hankalaa, aikaa vievää ja rasitti niveliä. Hankalan työn poistamiseksi johdotuksista luotiin piirustukset ja osalistat, jotta johdot pystyttäisiin tilaamaan alihankkijan kautta. Alihankkijana toimisi sama alihankkija, jolta tähän asti erilliset johtojen osat oli tilattu.

### 3.2.5 Tippa-allas

Vuosien aikana ongelmaksi oli havaittu tippa-altaan jäätyminen. Tippa-allas sijaitsi höyrystimen alla, joka taas oli sijoitettuna höyrystinkoteloon, jonka päälle pulloallas ja vitriini olivat sijoitettuna. Tippa-altaan tarkoituksena oli kuljettaa höyrystimestä muodostunut vesi pois. Koska höyrystimen sisällä pyörii kylmääainetta, hohkaa se kylmää, mikä oli aiheuttanut veden jäätyamisen höyrystimen läheisyydessä (tässä tapauksessa tippa-altaan alapuolella, kuva 11).



Kuva 11 Jäätynyt tippa-altaan pohja

Yhdeksi syyksi jäätymiselle oli todettu, ettei asiakas ollut noudattanut käyttöohjeita. Tämä tarkoitti sitä, ettei asiakas ollut kytkenyt lasikkoa ohjeen mukaisesti välillä pois päältä, jolloin lasikko olisi välillä päässyt lämpenemään ja sulattanut mahdollisen muodostuneen jään. Toiset syyt liittyivät tippa-altaaseen ja sen kaadon vähyyteen, mihin vaikutti höyrystinkotelon tiukka mitoitus. Kolmantena syynä pidettiin sulatusvastuksen puuttumista tippa-altaan pohjasta.

Asiakkaan toimintaan tai ohjeistuksen laiminlyöntiin ei työssä voitu vaikuttaa. Kaikki jäätymiset tutkitaan aina kun niitä ilmenee ja jos vian todetaan johtuvan muusta kuin rakenteellisesta viasta, ohjeistetaan asiakasta toiminaan oikealla tavalla. Muuta asialle ei voitu tehdä.

Tippa-altaan kaatoon ei voitu tiukan mitoituksen takia vaikuttaa, mutta sulatusvastuksen lisäämiseen, muotoon ja sijoitteluun kyllä. Alun perin vastuksen johdotus taiteltiin tuotannon toimesta ja teipattiin alumiiniteipin avulla altaan pohjaan. Nyt käyttöön oltiin ottamassa valmiiksi muotoiltu ja teipattu vastusmatto, joka toimitettiin tuotantoon alihankkijan toimesta. Matto ratkaisi näpertelyongelman ja nopeutti asentamista, mutta matto tuli levittää koko tippa-altaan pohjan pituudelle, jolloin seuraavaksi ongelmaksi osoittautui niiden vaurioituminen johtoihin kohdistuvasta kuormituksesta johtuen. Tippa-altaan päälle asettuu höyrystimen lisäksi lasikon yläosa ja höyrystimen kansi. Itse tehdyn sulatusvastuksen kanssa ongelmaa ei ilmennyt, sillä se ei ulottunut kuin tippa-altaan puoleenväliin asti. Vastusmaton asentamista ja toimimista silmällä pitäen päädyttiin pienentämään tippa-allasta niin että toisen reunan korkeus aleni 1 mm:n (8 mm:stä 7 mm:iin) ja toisen reunan 3 mm:ä (20 mm:stä 17 mm:iin). Pienentämisen kautta saatiin tippa-altaan pohja irti sisäpohjasta (jäi ilmaan runkonsa avulla). Pyrkimyksenä oli kuitenkin pitää mahdollisimman maksimaalinen kaato. Koska vastusten asennuksessa oli alusta asti ilmennyt ongelmia, otettiin tavoitteeksi löytää ratkaisu, jolla voitaisiin vastukset jättää kokonaan pois rakenteesta.

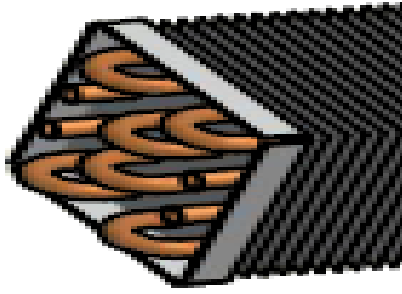
Tippa-allas tehtiin aikaisemmin muovista, jolloin jäätymisongelmaa ei ollut. Muovisen osan ongelmaksi muodostui kuitenkin materiaalin kestävyys. Tuolloin tippa-allas oli tehty liian ohuesta materiaalista, mikä aiheutti altaan halkeamisen ja kestävyysongelman. Nyt kun muovitietämys ja -valikoima on parantunut, päätettiin kokeilla muovista tippa-allasta uudelleen.

Tippa-altaasta luotiin ensin uudistettu piirustus ja malli, jonka Metoksen aihioetehtaan työntekijät leikkasivat laserin avulla ruostumattomasta teräksestä ja taittoivat taittokoneella muotoonsa. Uuden tippa-altaan taittelu muodostui kuitenkin haasteelliseksi tehtäväksi sen monen pienen särmän ja vinojen sivujen takia. Lopputulos oli kuitenkin riittävän tarkka, jotta tarvittavat testit mitoituksen ja muotojen toimivuuden kannalta saatiin hoidettua. Lisäksi testattiin, kuinka muovinen tippa-allas todellisuudessa vaikuttaa jäätymiseen. Testi suoritettiin seuraavasti: ruostumattomasta teräksestä valmistettuun tippa-altaaseen tehtiin reikiä ja vanhasta muovisesta tippa-altaasta leikattiin pohjan kokoinen pala rei'itetyn tippa-altaan päälle. Tämän jälkeen asennettiin muokattu tippa-allas höyrystinkoteloon ja vietiin höyrystinkotelo testilaboratorioon testattavaksi ääriolosuhteisiin. Näin saatiin selville, autoiko muovinen kappale jäätymisongelmaan vai pitikö miettiä jotain muuta ratkaisua.

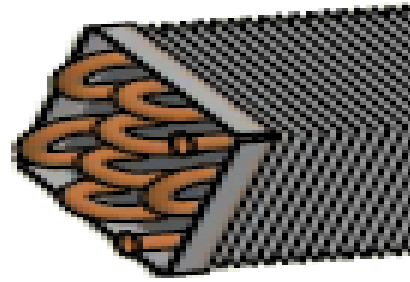
Tällä kertaa tulokset olivat lupaavia, eikä testiä varten muokattu tippa-allas jäänyt. Onnistuneen testin myötä voitiin tilata mallia vastaava muotti ja tätä kautta ruiskuvalettu muovinen tippa-allas. Kappaletta ei tilattu työstettynä, sillä sen hinta olisi tullut samaksi kuin itse muotin ja ruiskuvalamisen.

### 3.2.6 Höyrystin

Pääasiassa höyrystimet olivat yksipiirisiä eli yksi tulo- ja lähtöputki kylmäaineelle. 1600 - kokoisessa lasikossa oli kuitenkin poikkeuksellisesti kaksipiirinen höyrystin eli se sisälsi kaksi lähtöä ja kaksi tuloa (kuva 12). Tuotannon työntekijät olivat juottaneet putket yhteen, jotta saataisiin yksipiirinen lähtö ja tulo. Ongelmaksi kaksipiirissä järjestelmässä oli muodostunut kylmäaineen höyrynä pysyminen. Kylmäaine muuttui kylmennyksen välissä nestemäiseksi, mikä häiritsi laitteen pysymistä tasaisesti kylmänä.



Kuva 12 Kaksipiirinen



Kuva 13 Yksipiirinen

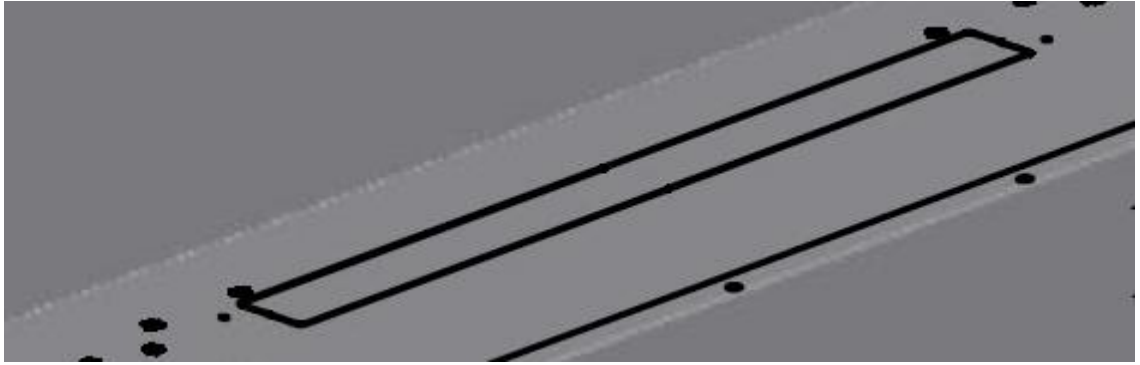
Kappaletta muutettiin yksipiiriseksi (kuva 13) projektin toimesta. Tulokset olivat lupaavia. Kappale pysyi tasaisemmin kylmänä ja viileni huomattavasti tehokkaammin. Lämpötilan vaihteluja ei havaittu. Jääkaappi jäähdyi paremmin verrattuna kaksipiiriseen höyrystimeen. Lisäksi arvioitiin tasaisen lämpötilan ja kylmentämisen estävän jään muodostumista tippa-altaaseen.

### 3.2.7 Imupuolen ilmankiertoreikä

Imupuolen reiät koostuivat yhteensä 16 ovaalinmuotoisesta reiästä höyrystinkotelon sisä- ja ulkovaipassa. Reikien asetelma on molemmissa vaipoissa samanlainen, mutta peilikuva eli ulkovaipassa suurin rypäs osoittaa ulkolaitaan, kun sisävaipassa rypäs on höyrystinkotelon keskustan puolella.

Lähtötilanteessa imupuoli muodostettiin seuraavasti, kun lasikon alaosaan liitettiin jääkaappi: sisä- ja ulkovaipoista napautettiin turha metallinpala pois (kuva 14), uretaanin suojaksi laitettiin metallikehys, joka kiinnitettiin höyrystinkoteloon silikonilla ja ruuveilla (kuva 15) ja viimeisteltiin pitkällä reikälevyllä (kuva 16), joka kiinnitettiin silikonilla ja ruuveilla sisävaippaan (kuva 17). Työvaiheita oli monta ja jokaisen välissä piti odottaa, että silikonin kuivuu ja katsoa, ettei silikonin pursua reunojen alta liikaa.

Tilanteessa, jossa lasikon alaosaan ei tullut jääkaappia, peitettiin imupuolen reiät alumiinipillillä (kuva 18).



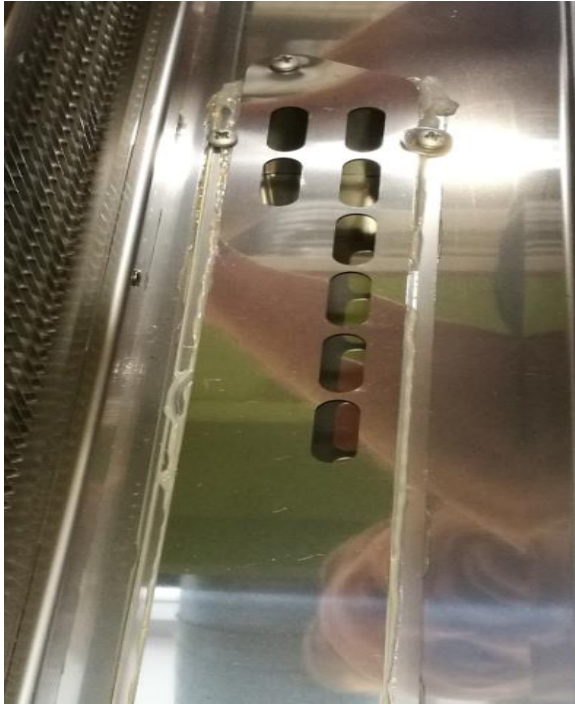
Kuva 14 Imupuolen napautettava metallinpala



Kuva 15 Metallikehys, joka laitetaan imupuolelle suojaamaan uretaania



Kuva 16 Metallilevy, joka kiinnitetään imupuolelle

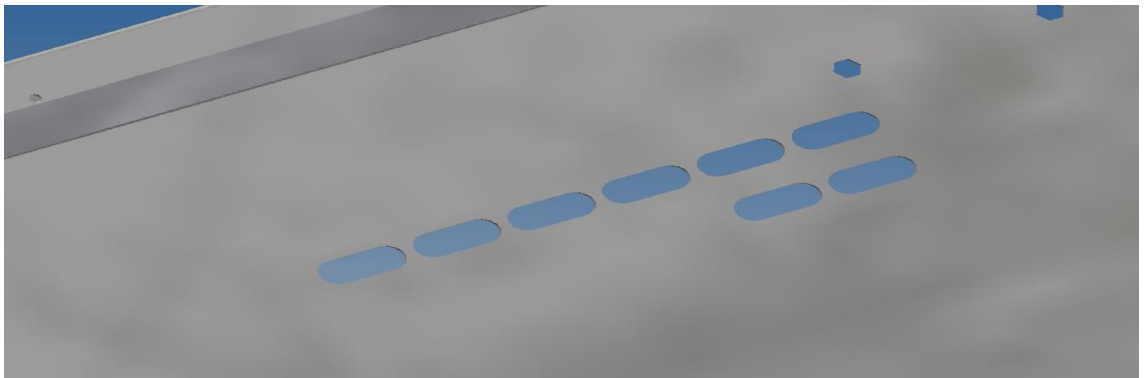


Kuva 17 Viimeistelty imupuoli

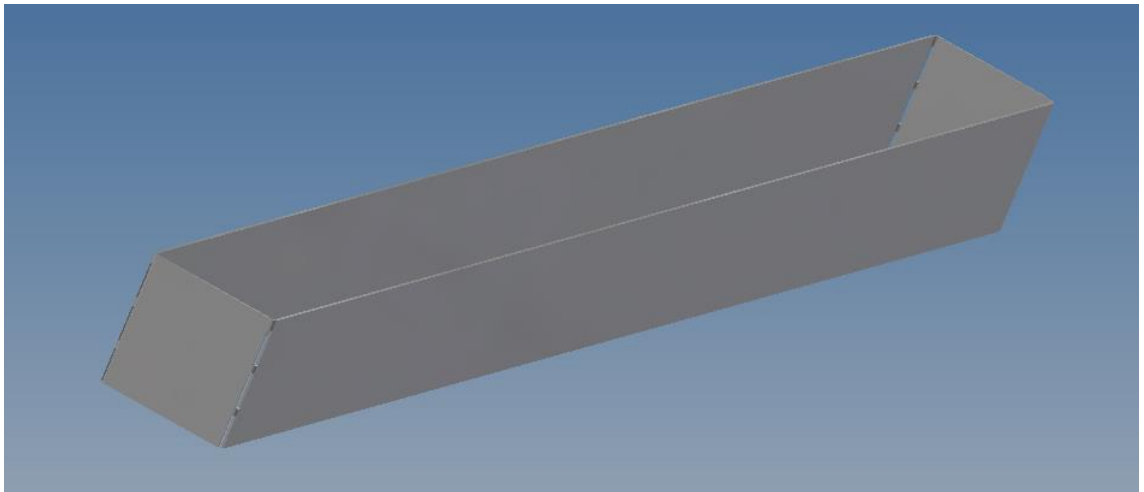


Kuva 18 Alumiiniteipillä peitetty imupuolen reikä

Tavoitteena oli poistaa turha liimaaminen ja jouduttaa kokoonpanoa. Erillisessä levyssä olevat imupuolenreiät siirrettiin suoraan sisä- ja ulkovaippaan (kuva 19), jolloin työvaiheista saatiin poistettua silikonin laitto, ruuvaus ja kaksi osaa. Lisäksi imupuolen metallikehystä muutettiin niin, ettei siinä ole enää reunoja, joten ruuvaaminen ja silikonin jäävät pois. Lisäksi kappaleeseen lisättiin perforoinnit, mikä tarkoittaa materiaalin lävistämistä tai rei'ittämistä. Tässä tapauksessa kyse oli kappaleen rei'ittämisestä, jonka avulla kappale oli mahdollista taitella muotoonsa käsin kanttikoneen käytön sijasta. Näin aiheutaan työkuormaa saadaan helpotettua. Nyt metallikehys vain pudotetaan paikalleen suojaamaan ja peittämään uretaanilevyä (kuva 20).



Kuva 19 Uusi imupuolen rei'itys



Kuva 20 Uusi metallikehys



Uuden rei'ityksen ja metallikehyksen lisäksi imupuolelle piti miettiä uusi tapa estää mahdollisen sulamisveden pääsy imupuolen reikien kautta koneikkoon. Ennen tämä ratkaistiin silikonin avulla, jota tuli muutaman millin kerros levyn paksuuden lisäksi läpiviennin ympärille. Uutta vaihtoehtoa silikonille lähdettiin kehittämään tuotannonkehityksen testauslaboratorioon hankitun 3D-tulostimen avulla.

Ensimmäisessä testikappaleessa ideana oli, ettei kappaleella ollut väliä kumminpäin kappale asetetaan paikalleen. Tällä tavalla oli tarkoitus selvittää, oliko mitoitus ja periaate oikealla suunnalla mallin suhteen. Kuva 21 havainnollistaa ensimmäistä kappaletta, jota kokeiltiin suojaamaan imupuolen aukkoja. Huonoksi puoleksi todettiin kappaleen kiinnittäminen silikonin avulla, mistä toivottiin päästävän pois.

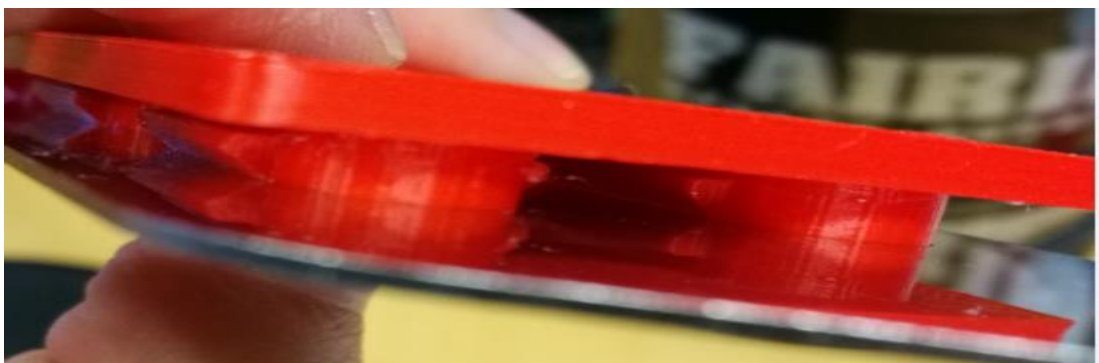


**Kuva 21** Ensimmäinen testikappale imupuolelle

Toisessa testikappaleessa tavoitteena oli jättää silikonin avulla kiinnittäminen pois. Silikonin tilalle päädyttiin kokeilemaan siivekkeitä, jotka kiinnittyisivät levyn alle ja silikonin ei tarvitsisi käyttää. Kuvassa 22 havainnollistetaan kokeilun onnistumista ja havaitaan, että siivekkeiden ollessa kiinteät ei sitä saada painettua levystä lävitse, koska levy ei ole joustavaa materiaalia ja siivekkeet olivat liian kiinteät antaakseen riittävästi periksi. Ku-



vassa 23 havainnollistetaan kolmatta testikappaletta, jossa periaate oli sama kuin toisessa testikappaleessa eli siivekkeet ottaisivat kiinni levyn alta ja puristaisivat kappaleen tiiviisti levyä vasten. Tällä kertaa siivekkeet olivat ohuet ja joustavat, mutta ongelmaksi muodostui mahtumisen sijasta kestävyys eli siivekkeet napsahtelivat poikki levyyn kiinnityksen yhteydessä.



Kuva 22 Testikappale 2, kiinteät siivekkeet



Kuva 23 Testikappale 3, ohuet siivekkeet

Lopulta todettiin, että kaikissa aiemmin testatuissa osissa tulee kiinnityksen ja tiiviyn kannalta ongelmia. Vaikka siivekkeet saivat tukevan otteen peltiin, jää muovin ja pellan väliin pieni välys, mistä vesi voi tunkeutua ja aiheuttaa ongelmia. Tiiveyden takaamiseksi päädyttiin ottamaan mallia toiselta tuotantolinjalta ja suunniteltiin liimattava tiivisterengas. Tiivisteiden toisella puolella on liimapinta, minkä avulla tiivisterengas on helppo kiinnittää sisäpohjaan, ja reunusta tulee olemaan sen verran, ettei vesi pääse kiipeämään reunan ylitse. Neljännessä testissä siis tilattiin testierä suunniteltua tiivistettä, jonka tuotanto otti testattavaksi. Kuvassa 24 havainnollistetaan tiivisteiden käyttöä käytännössä.

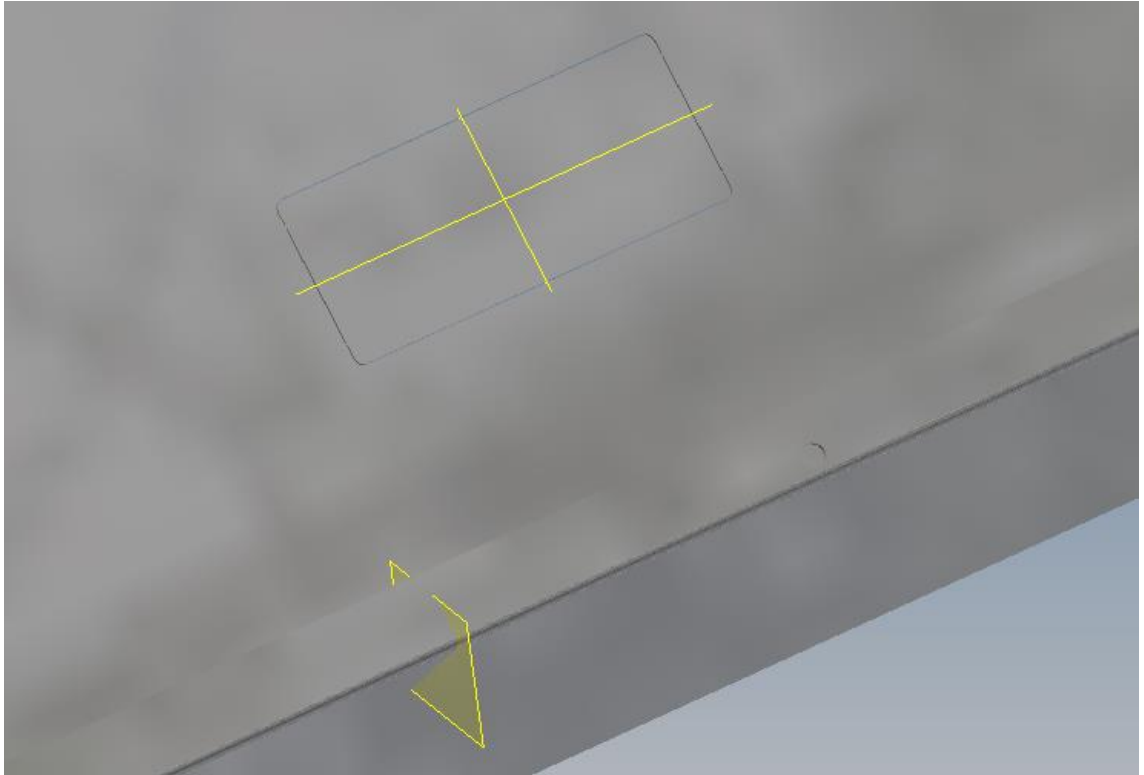


Kuva 24 Testi 4, tiiviste asennettuna

Tiivisteeseen todettiin olevan paras ja edullisin vaihtoehto. Asentaja laitto varmuuden vuoksi testitiivisteeseen alle silikonin (kuva 24), sillä hän pelkäsi tiivisteeseen murtuvan sen ohuuden takia. Tiiviste oli liian ohut ja löysärakenteinen tuotannon käyttöä ajatellen. Tiivistettä päädyttiin muokkaamaan niin, että sen seinämän paksuutta ja korkeutta lisättiin. Muokkauksen jälkeen tilattiin uusi testierä, joka todettiin toimivaksi ja otettiin tuotannon käyttöön.

### 3.2.8 Ottopuolen ilmankiertoreikä

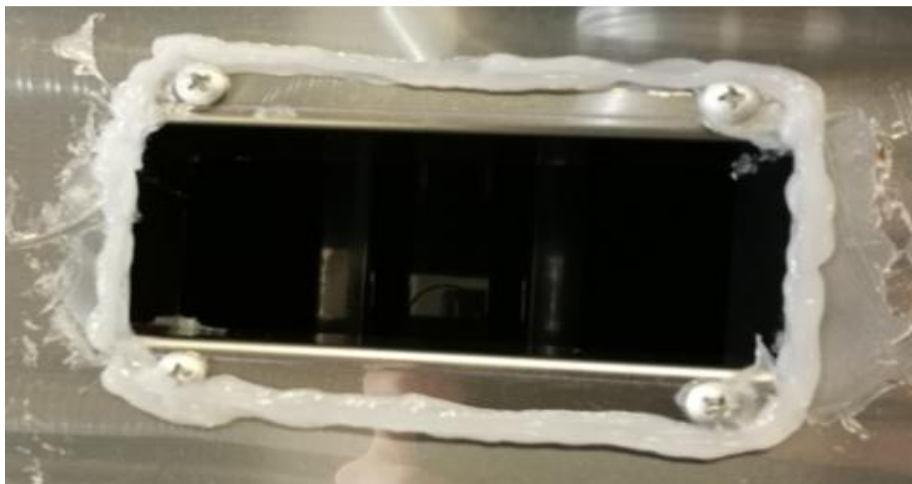
Ottopuoli toteutettiin kopauttamalla ylimääräiset metallin palaset (kuva 25) irti sisä- ja ulkopohjasta ja kiinnittämällä uretaanin suojaksi metallikehys (kuva 26), joka laitettiin paikalleen silikonin ja ruuvien avulla. Silikonilla jälki ei ollut siisteimmästä päästä ja asentajat joutuivat sormilla pyyhkimään ylimääräistä silikonin metallikehyksen ympäriltä (kuva 27). Lisäksi metallikehyksen alareuna jäi teräväksi, joten siihen helposti saattoi viiltää sormensa, jos ei ollut tarkkana.



Kuva 25 Otopuolen irrotettava metallinpala



Kuva 26 Otopuolen metallikehys



Kuva 27 Ottopuolen läpivienti valmiina

Kuten imupuolella myös ottopuolella läpivienti peitettiin alumiiniteipillä, kun jääkaappi jätettiin rungosta pois.

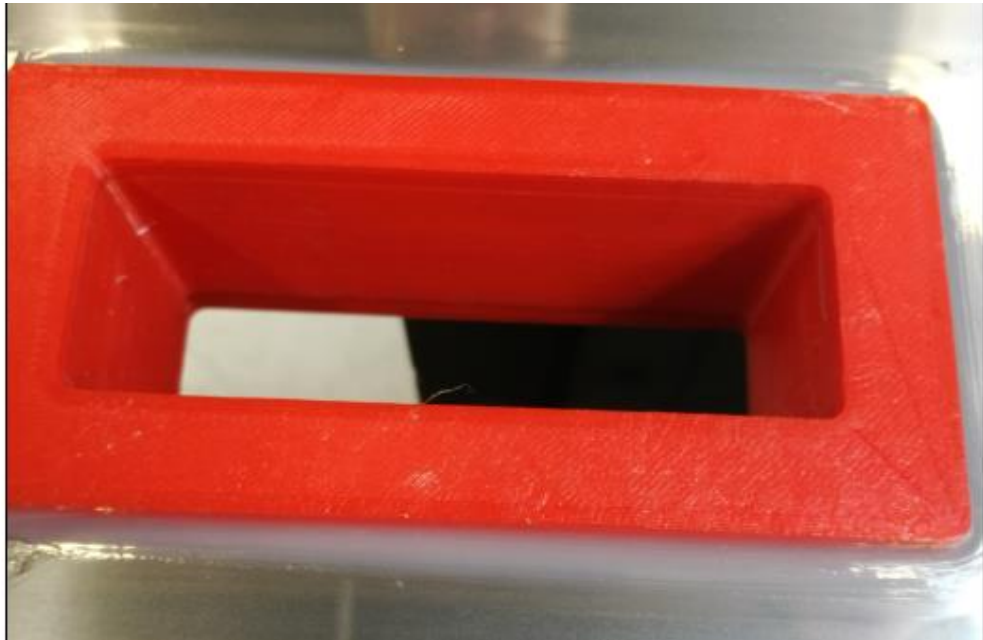
Kuten imupuolella, myös ottopuolella tavoitteena oli päästä eroon silikonista ja kiinnityksestä. 3D-tulostimen avulla päästiin tässäkin tapauksessa testaamaan erilaisia vaihtoehtoja, karsimaan niistä huonoimmat pois ja kehittämään parhaimpia ideoita.

Ensimmäisellä testikappaleella tarkoituksena oli kartoittaa suunnitelmien oikea mitta-kaava. Kappale havaittiin liian lyhyeksi ja todettiin, ettei siitä saa tiivistä ilman silikonista. Lisäksi todettiin, että parempi lähestymistapa voisi olla läpiviennin kiinnittäminen sekä ylhäältä että alhaalta, jotta saadaan ratkaistua alareunan viiltämisongelma.

Toinen testikappale sisälsi kaksi osaa (kuva 28). Ideana oli siivekkeen avulla kiinnittää ylempi osa alempaan ja saada puristusefektillä osat painautumaan mahdollisimman tiiviisti metallia vasten. Pieni silikonireunus jouduttiin laittamaan yläosan reunan alle (kuva 29) kaiken varalta, mutta suurelle siistimiselle ei ollut tarvetta.

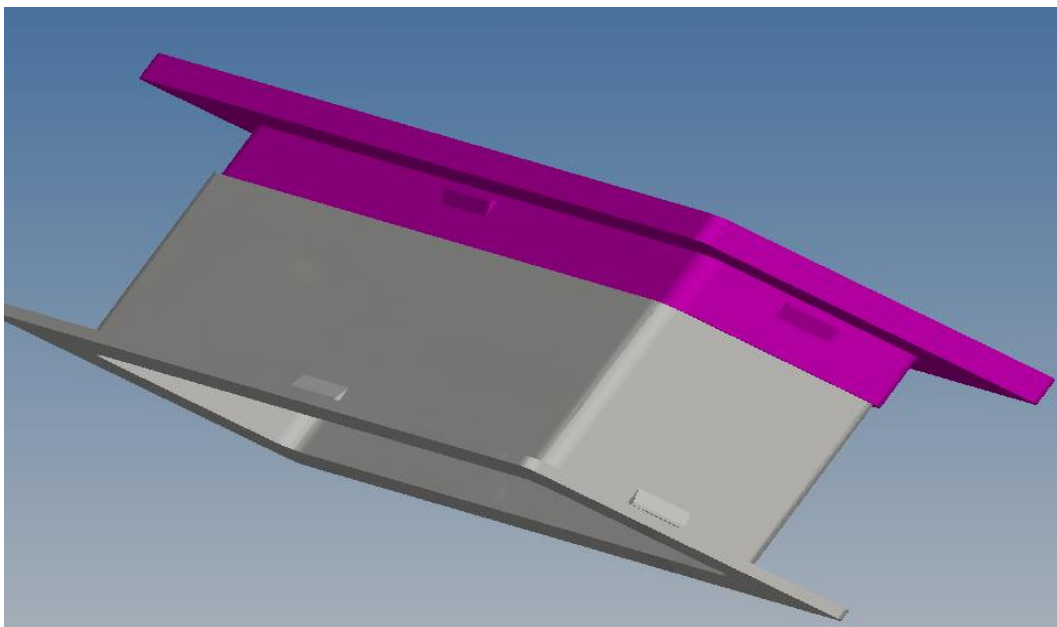


Kuva 28 Toinen ottopuolen testikappaleet



Kuva 29 Siistitty ottopuolen toinen testikappale

Kolmannessa testissä päätettiin kokeilla tiiviysongelmaan ratkaisua heti peltiin kiinnittävillä siivekkeillä (kuva 30). Tätä kautta läpiviennin mitoitus helpottuu, kun ei tarvitse huomioida vastakappaleen aukon tai siivekkeen sijoitusta. Lisäksi kappaleen kiinnityksestä saadaan tiukempi.



Kuva 30 Testi 3, peltiin kiinnittävät siivekkeet

Kolmannen testikappaleen jälkeen alettiin pohtimaan, voisiko läpiviennin pystyä toteuttaa vain yhdellä kappaleella, jolloin mahdollisen muotin tilaaminen tulisi halvemmaksi tai markkinoilta voisi löytyä vastaavanlainen valmisosa. Keskustelun aikana esille nousi itse puristuva muovinippa. Neljäs testikappale päätettiin suorittaa itsepuristuvan muovinipan periaatteella. Asennus suoritettaisiin alakautta ja kappaleeseen tehtäisiin jokaiselle sivulle mahdollisimman tiheästi 0,5 mm:n ulotteisia ripoja (kuva 31). Ideana oli, että asennettaessa kappale puristuu mahdollisimman tiiviisti metallia ja uretaania vasten (kuva 32).





Kuva 31 Testikappale 4, ulkonevat rivat



Kuva 32 Testikappale 4 paikalleen laitettuna

Testausten jälkeen päädyttiin testikappaleeseen neljä, koska kappale ratkaisi kaikki kappaleen alussa mainitut ongelmat, eli kiinnityksen ja viiltämisen. Koska kappale kiinnitetään alapäin, suojaa se terävää metallin reunaa ja estää viiltohaavat. Kappaleen mitoitukset on tiukka, jolloin silikonin ei tarvita paljoa ja kappale tulee riittävästi ulkopuolelle, jolloin se estää mahdollisen veden pääsyn koneikkoon. Kappaleesta tullaan teettämään muotti, jolla läpivienti tullaan jatkossa toteuttamaan.

### 3.2.9 Letkuliitin

Letkuliittimen tarkoituksena on ohjata höyrystinkoteloon kerääntyvä vesi pois kotelosta viemäriin. Letkuliittimeen liitettiin viemäriin johtava putki. Alussa letkuliitin liimattiin sille tarkoitetulle paikalle. Liimaaminen oli hidasta ja vaati höyrystinkotelon kuljettamisen erilliselle liimauspaikalle. Liimauspaikka sijaitsi noin 20 m:n etäisyydellä kokoamispaikasta, mutta sinne voitiin kuljettaa vain yksi höyrystinkotelo kerrallaan. Siirrot toteutettiin kärryä hyväksi käyttäen. Liimaamisen jälkeen kappaleen piti antaa kuivua kunnolla ennen kokoamisen jatkamista. Tavoitteena oli päästä eroon aikaa vievästä ja tarkkuutta vaativasta liimauksesta.

Ratkaisua mietittäessä päädyttiin kokeilemaan altaiden puolella käytössä olevaa vesilukkoa. Letkuliittimen kiinnittäminen sisäpohjaan onnistuisi ruuvin avulla (kuva 33).



**Kuva 33 Letkuliitin asennettuna lasikon viemäriin**

Testauksen aikana havaittiin, että vesilukko voisi hyvin korvata nykyisen letkuliittimen. Kiinnittäminen oli helppoa ja nopeaa, eikä tiiviydessäkään ilmennyt ongelmia. Korvaava tapa toteuttaa viemäröinti löytyi, mutta altaissa käytössä oleva vesilukko ei ratkaisuna ollut hyvä lasikon kannalta, johtuen vesilukon letkun lyhyydestä ja väärästä letkukoosta.



Etsintöjen jälkeen löydettiin yhdeltä toimittajalta samantapainen ratkaisu oikean mittaisella ja kokoisella putken lähdöllä. Kyseisen toimittajan mallissa ei kuitenkaan ollut ritilällistä yläosaa, jolla letkuliitin pystyttäisiin kiinnittämään höyrystinkoteloon. Ratkaisuna kokeiltiin sisävaippaa, johon ritilä ja ruuvien mentävä reikä olisivat toteutettavissa laserilla.

## 4 Kylmäaine eli R-aine

### 4.1 Luokitukset

Mika Kapasen (2017) mukaan kylmäaine eli R-aine on nesteytettyä kaasua, jota käytetään väliaineena lämmön siirtämiseen kylmäkoneistoissa. Niiden käyttö kylmäkoneistoissa perustuu kykyyn muuttaa olomuoto nestemäisestä kaasumaiseksi ottaessaan vastaan lämpöä ympäristöstään, tai kaasumaisesta nestemäiseksi luovuttaessaan lämpöä ympäristöönsä. Näitä olomuotomuutoksia hyväksi käyttäen pystytään pienemmälläkin massavirralla siirtämään suurempiakin lämpökuormia.

Kylmäaineiden tuntemus on parantunut vuosien varrella, mikä on myös syynä osan käyttökieltoon määräämiselle ja korvaavien aineiden hankkimiselle. Ensin kiellettiin otsonikerrosta kuormittavat aineet ja nyt vuorossa ovat ilmastonlämpenemistä edistävät kylmäaineet. Ympäristöasioita otetaan yhä enemmän huomioon. Haittavaikutusten ymmärtämistä ja havaitsemista on pyritty parantamaan seuraavien kolmen tunnusluvun avulla:

**ODP** ilmoittaa kylmäaineen suhteellisen haitallisuuden otsonikerrokseen nähden (referenssilukuna kylmäaine R11, arvo = 1,0).

**GWP** ilmoittaa kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden, käyttäen vertaislukuna CO<sub>2</sub>:n (hiilidioksidi) haitallislukua (arvo = 1,0).

**TEWI** ilmoittaa kylmälaitoksen elinaikanaan tuottaman kasvihuonehaitallisuuden kilogrammoina hiilidioksidia. Toisin sanoen, otetaan huomioon sekä kylmäaineesta että laitteen energiankulutuksesta johtuvat hiilidioksidipäästöt.

ISO 817:n (kylmäaineiden turvallisuusluokitus) mukaisesti kylmäaineita käytettäessä tulee ottaa huomioon myös myrkyllisyys- ja syttyvyysluokitukset. Kylmäaineen myrkyllisyys on jaoteltu kahteen luokkaan (A ja B) riippuen sen synnyttämistä hajoamistuotteista, kun

kylmäaine joutuu kosketuksiin liekkien tai kuumien pintojen kanssa. Syttyvyysluokkia on neljä (1, 2L, 2 ja 3), riippuen siitä kuinka herkästi syttyvästä tuotteesta on kyse (luokka kolme on herkimmin syttyvä). Syttyvyysluokat on kylmäaineen osalta jaoteltu perustuen niiden alemman syttymisrajan (LFL), palonopeuden ja palamislämmön mukaan.

(Kapanen 2017, 3.)

Kylmäaineet on jaoteltu viiteen eri kategoriaan riippuen niiden ominaisuuksista sekä niiden sisältämien halogeenimolekyylien (korvanneet vetyatomit hiilivedyn rakenteessa) rakenteen perusteella. **CFC-kylmäaineet** eli kloorifluorihiiivedyt, tunnetaan myös nimellä freoni, ovat kloorin, fluorin ja hiilen kemiallisia yhdisteitä. **HCFC-kylmäaineet** eli halogeenisoidut hiilivedyt sisältävät klooria, fluoria, hiiltä ja vetyä. **HFC-kylmäaineet** ovat fluorivetyjä, jotka sisältävät vetyä, fluoria sekä vetyä. **HC-kylmäaineet** sisältävät vain hiilivetyä. **NH<sub>3</sub>-kylmäaine** on ammoniakkia sisältävä. Näistä viidestä kylmäaineesta CFC- ja HCFC-yhdisteet kuormittavat otsonikerrosta, joten niiden käyttö on nykyään kiellettyä kylmäaineiden saralla. HFC ei itsessään kuormita otsonikerrosta, mutta sen reagoiessa kloorin tai bromin kanssa tulee sitä haitallinen kaasu otsonikerrokselle. Tästä johtuen Kioton sopimus on edellyttänyt, ettei kyseistä yhdistettä enää käytettäisi. HC- ja NH<sub>3</sub>-kylmäaineet eivät sisällä otsonikerrosta kuormittavia kaasuja, mistä johtuen niitä kutsutaan myös luonnonmukaisiksi kylmäaineiksi. (Detector).

#### 4.2 R404A

R404A lukeutuu HFC-kylmäaineisiin. Se on kylmäaineseos, jonka käyttökohteita ovat kaupalliset kylmälaitokset, kylmä- ja pakastehuoneiden sekä varastojen kylmäkoneistot ja jääratakoneistot. Vuoden 2018 alusta EU rajoitti R404A-kylmäaineen myyntiä sen ilmastolämpenemiseen vaikuttavista tekijöistä johtuen. Lisää R404A:n ominaisuuksista voi lukea liitteestä 1. Huoltokäytössä kylmäaine on kuitenkin sallittua 1.1.2020 jälkeen rajoitetusti. (Kapanen 2017, 1–9.)

#### 4.3 R290

R290 lukeutuu HC-kylmäaineisiin, eli luonnonmukaisiin kylmäaineisiin, ja sisältää propaania, mikä tekee sitä erittäin paloherkän aineen. Positiivisena puolena sillä on alhainen puristusaine, laaja käyttöalue, hyvä kylmäkerroin sekä hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet, joista voi lukea lisää liitteestä 2. R290 käyttö on lisääntynyt sekä sen vähäisten ympäristöä kuormittavien tekijöiden että erinomaisen suorituskyvyn takia. Negatiivisena puolena mainittakoon R290:n paloherkkyys, jonka johdosta sen täyttömäärissä on rajoituksia (Kapanen 2017.).

#### 4.4 Huomioitavaa

Koska R404A kuormittaa luontoa, sen käyttö on määrätty lopetettavaksi. Metos Oy Ab on päättänyt vaihtaa kylmäkoneidensa kylmäaineeksi R290:n. Koska R290 on palava HC-kylmäaine, sisältää se tiettyjä rajoitteita, jotka ovat huomioitavia asioita terveyden ja turvallisuuden näkökannalta.

Yhtenä huomioitavana asiana on propaanin olomuoto, väri ja haju, sillä se on täysin väritön ja hajuton, joten sen havaitseminen aistein on hankalaa. Toisena tulee huomioida fysikaaliset vaarat, sillä kaasu on ilmaa raskaampaa. Tästä johtuen kaasu voi valua etäämmälle lattiaa pitkin ja syttyä. Pahimmassa tapauksessa kaasua kerääntyy mataliin tiloihin, mikä aiheuttaa tukehtumisriskin. Kolmantena on palo- ja räjähdysriski propaanin ominaisuuksien takia. (Technetium Consulting, 2–3.)

Kylmälaite, joka sisältää R290:tä kannattaa sijoittaa sellaiseen paikkaan, missä se ei joudu kosketuksiin avotulen tai kipinöinnin kanssa. Räjähdysvaaran pystyy ennalta ehkäisemään maadoittamalla kylmälaitteen ja käyttämällä huollossa kipinöimättömiä työkaluja. Lisäksi työntekijät tulee ohjeistaa, kuinka tulee toimia vuodon sattuessa. Erilaiset altistumistavat ja niiden ensiavut ovat listattuna liitteessä 3. (Technetium Consulting, 2.)

Lainsäädännössä on määrätty, että jos kyseessä on suljettu kylmäkoneisto, propaanin määrä ei saa ylittää 150 g:aa. Säännöksen mukaisesti Metos Oy Ab ei ylitä kylmälaitteissaan kyseistä maksimimäärää. Koska propaanin lämmönsiirtokyky on hyvä, usko-

taan 150 g:n riittävän erikokoisten tarjoilulasikoiden viilentämiseen. EU:ssa keskustellaan jo määrän mahdollisesta nostamisesta 500 g:aan, mutta kyseinen uudistus astuu käytäntöön aikaisintaan vuoden 2019 vaihteessa. (Kari 2018.)

Huomioitavia asioita on paljon Metos Oy Ab:n kannalta, mutta koska kylmälaitteet sisältävät maksimissaan tuon 500 g R290:tä, sen ei uskota aiheuttavan tukehtumisvaaraa, vaikka se kokonaisuudessaan vapautuisikin huoneilmaan. Kylmäyksiköissä on jo valmiiksi riittävän kapeat putket, joten niiden halkaisijaan ei tarvitse puuttua, mutta putkituksen pituuksiin kylläkin. Testauslaboratoriossa on ollut testissä tarjoilulasikko, joka on antanut lupaavia tuloksia normaaleissa olosuhteissa, mutta haastavammissa olosuhteissa laite ei vielä toimi toivotulla tavalla. Lisäksi kylmäkoneiden rakennetta tulee tarkastella tarkemmin, jotta missään tilanteessa laitteen toiminnasta ei aiheudu kipinöintivaaraa, joka voisi aiheuttaa propaanin syttymisen. Kehitys menee laitteiston ja komponenttien suhteen koko ajan eteenpäin, mutta rakenteen ja koneikon parissa joudutaan tekemään vielä töitä, jotta laitteista saadaan turvallisia ja toimivia kokonaisuuksia. (Antikainen 2018.)

## 5 Yhteenveto

Tarjoilulasikon korjausten tarkoituksena oli karsia turhia työvaiheita ja nopeuttaa kokoamista. Lisäksi toivottiin päästävän eroon turhista tarkkuutta ja aikaa vievistä liimauksista ja erikseen koottavista kokonaisuuksista kuten johdotuksista.

Aluksi tarkasteltiin prosessia kokonaisuudessaan ja listattiin, mitkä työvaiheet veivät eniten aikaa ja mitä voitaisiin pienillä muutoksilla saada paranneltua. Loppujen lopuksi tarjoilulasikon rakenteeseen suoritettiin muutoksia aina uretaanilevyistä hyllyjen kannakkeisiin asti. Muutoksissa otettiin huomioon tuotannon toiveet ja mietittiin samalla, kuinka osia saataisiin vähennettyä. Osien vähentyminen ei vain helpottaisi kokoamista, vaan vähentäisi myös laserin ja taiton työkuormaa.

Aiemmin johdotusten koonti, uretaanilevyjen rei'itykset sekä lämmitysvastuksen muotoilu ja kiinnitys tehtiin tuotannossa käsin. Jokainen tehtävä satoi erikseen yhden työntekijän. Tehtävät olivat luonteeltaan hitaita, työläisiä ja kuormittavia. Tilanteen parantamiseksi kappaleista luotiin piirustukset, joiden pohjalta tilattiin kappaleet valmiina alihankkijoilta.

Kappaleista osan kohdalla suoritettiin testejä, jotta saatiin selville, mikä toteutusvaihtoehto olisi toimivin. Näin toimittiin esimerkiksi höyrystimen, tippa-altaan, hyllynkannakkeiden sekä otto- ja imupuolen reikien kohdilla. Testien kautta saatiin varmistettua, että saavutetaan toivottu lopputulos ja kehitetty ratkaisu olisi oikeasti toimivin. Samalla kun kokeiltiin eri vaihtoehtoja, pystyttiin kokeilun ja erehdyksen kautta kehittämään vaihtoehtoja.

Työn tuloksia tarkasteltaessa voidaan kuitenkin todeta, että onnistuttiin saavuttamaan toivottu lopputulos ja kehittämään tarjoilulasikkoa toivottuun suuntaan. Onnistuttiin helpottamaan lasikon koontia, vähentämään osia ja hyödyntämään nykyaikaista muovitekniologiaa.

Uudistukset puhuvat puolestaan. Voidaan todeta, että opinnäytetyöllä on saavutettu haluttu tavoite. Lasikon rakennetta kehitettiin onnistuneesti ja siinä on hyödynnetty tämän päivän teknologiaa. Kehitystyö jatkuu lasikon parissa edelleen, mutta toivotut muutokset saatiin työn kautta tehtyä.

Kaiken kaikkiaan kappaleesta saatiin poistettua turha kääntely kokoamisvaiheessa, viisi leikkausta, kolme liimausta, neljä porausta ja vähennettyä viisi kappaletta kokoonpanosta. Ajallisesti tämä tarkoittaa noin kahden tunnin työkuormaa. Määrät ovat lasikko-kohtaisia eli saatu hyöty tulee kertoa vielä kolmella (800 mm, 1200 mm ja 1600 mm) eri kokojen takia. Rahallisesti puhutaan työtuntien kautta noin xx euron ja materiaalin puolella noin xx euron säästöstä lasikkokohden. Kokonaisuudessaan säästöä tulee siis noin xx euroa. Säästöissä tulee huomioida myös, että aihioitehtaan työkuormaa saatiin uudistusten kautta vähennettyä, kun leikattavia ja taitettavia kappaleita on vähemmän. (Täsmälliset euro määrät vain työn tilaajan käyttöön.)

Huomioimisen arvoisena seikkana mainittakoon myös laadun parantuminen. Kun osia ja näpertämistä on vähemmän, virheiden teon mahdollisuus vähenee huomattavasti. Lisäksi kappaleesta tulee siistimpi ja helpommin hallittava kokonaisuus, kun tuotetta ei tarvitse siirrellä ja turha liimaaminen jätetään pois. Lisäksi varastointikustannukset ja kappaleiden varastointitarve vähenevät, mikä lisää kapasiteettia varastonpuolella.

## Lähteet

Antikainen, A. 2018. Tuotekehitysinsinööri, Metos Oy Ab, Kerava. Haastattelu 17.07.2018

Detector. R-aineet eli kylmäaineet. Verkkodokumentti. < <http://www.detector.fi/yleistieto-kaasuista/kylma-aineet-r-xxx.html>> Luettu 18.05.2018.

Kapanen, M. 19.09.2017. Suomen Kylmäyhdistys ry: Kylmäainetilanne 2017. Verkkodokumentti. < <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=305>> Luettu 17.05.2018.

Kari, J. 2018. Tekninen asiantuntija, Metos Oy Ab, Kerava. Haastattelu 30.5.2018

Metos Oy Ab. 2018. Metos Kitchen Intelligence on enemmän kuin älykäs keittiö. Verkkodokumentti. <<https://www.metos.fi>>. Luettu 15.05.2018.

Technetium Consulting. Palavat kylmäaineet – koulutusmateriaalin tiivistelmä. Verkkodokumentti. <[http://www.technetium.fi/assets/rte/files/Ladatut\\_tiedostot/Palavatkyllmaineettiivistelm.pdf](http://www.technetium.fi/assets/rte/files/Ladatut_tiedostot/Palavatkyllmaineettiivistelm.pdf)> Luettu 30.5.2018.

Technetium Consulting. Palavat kylmäaineet – terveys, turvallisuus ja lainsäädäntö. 14.05.2012. Verkkodokumentti. <[http://www.technetium.fi/assets/rte/files/Ladatut\\_tiedostot/Palavatkyllmaineettiivistelm.pdf](http://www.technetium.fi/assets/rte/files/Ladatut_tiedostot/Palavatkyllmaineettiivistelm.pdf)> Luettu 31.05.2018.

# Kylmäaineen ominaisuuksia, R404A

Esimerkkejä HFC-kylmäaineista uusiin laitteisiin

Ominaisuus	R134a	R404A	R407C	R410A
koostumus	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	R125/R143a/R134a 44/52/4%	R32/R125/R134a 23/25/52%	R32/R125 50/50%
moolimassa [g/mol]	102,0	97,6	86,2	72,6
kiehumispiste [°C]	-26,1	-46,6	-43,8	-51,6
kriittinen lämpötila [°C]	101,0	72,1	86,7	74,7
kriittinen paine [bar]	40,7	37,3	46,2	51,7
ODP	0	0	0	0
GWP	1430	3922	1774	2088
turvaluokka	A1	A1	A1	A1
liukuma	ei liukumaa	0,8...0,2 °C	7,5...3,5 °C	0,1 °C
yhteensopivat öljyt	AB, POE, PVE, PAG	AB, POE, PVE, PAG	AB, POE, PVE, PAG	AB, POE, PVE, PAG
edut	- alhainen puristusaine - hyvä kylmäkerroin (th>-5 °C) - sopii käytettäväksi myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin	- alhainen tulistuminen puristuksessa - laaja käyttöalue	- alhainen puristusaine - hyvä kylmäkerroin	- hyvä tilavuustuotto - laaja käyttöalue
haitat	- pieni tilavuustuotto - alipaine, kun th<-25 °C	- korkea GWP-luku - korkeahko puristusaine - lämpötilaliukuma	- suuri lämpötilaliukuma	- korkea puristusaine - suuri tulistuminen puristuksessa
käyttökohteita	- kodin kylmälaitteet - jääpalakoneistot, olutjäähdyttimet - ilmastoinnin jäähdytyksen ruuvi- ja turbovedenjäähdytyskoneet - ajoneuvojen kylmälaitteet - lämpöpumput	- myymälöiden kylmälaitokset - kylmä- ja pakastekoneistot - jäätäkoneistot	- comfort-ilmastoinnin jäähdytyslaitteet (siirrettävät, ikkunakojeet, splitit) - vedenjäähdytyskoneistot - kaappi- ja vakioilmastointikoneet - kompressorilauhduttimet - lämpöpumput	- comfort-ilmastoinnin jäähdytyslaitteet (siirrettävät, ikkunakojeet, splitit) - vedenjäähdytyskoneistot - kaappi- ja vakioilmastointikoneet

# Epäorgaaniset kylmäaineet, R290

## HC-KYLMÄÄINEITA JA EPÄORGAANISET KYLMÄÄINEET

	R290	R600a	R717	R744
Ominaisuus	CaH <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
koostumus	propani	isobutaani	ammoniakki	hiilidioksidi
moolimassa [g/mol]	44,1	58,1	17,0	44,0
kiehumispiste [°C]	-42,1	-11,6	-33,3	-78,4
kriittinen lämpötila [°C]	96,7	135,9	132,4	31,1
kriittinen paine [bar]	42,4	36,8	113,5	73,8
ODP	0	0	0	0
GWP	3	3	0	1
turvaluokka	A3	A3	B2	A1
luokuma	ei luokumaa	ei luokumaa	ei luokumaa	ei luokumaa
yhteensopivat öljyt	MO, AB, MO+AB, PAO, POE, PAG	MO, AB, MO+AB, PAO, POE, PAG	MO, AB, MO+AB, PAO, PAG	MO, AB, MO+AB, PAO, PAG
edut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alhainen puristusaine</li> <li>- pieni painesuhde</li> <li>- laaja käyttöalue</li> <li>- hyvä kylmäkerroin koko käyttöalueella</li> <li>- sopii käytettäväksi myös märkähöyrystisiin järjestelmiin</li> <li>- ympäristöystävällinen ominaisuudet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alhainen puristusaine</li> <li>- pieni painesuhde</li> <li>- ympäristöystävällinen</li> <li>- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hyvä tilavuustuotto</li> <li>- alhainen puristusaine</li> <li>- sopii käytettäväksi myös märkähöyrystisiin järjestelmiin</li> <li>- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet</li> <li>- ympäristöystävällinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- loistava tilavuustuotto</li> <li>- pieni painesuhde</li> <li>- sopii käytettäväksi myös märkähöyrystisiin järjestelmiin</li> <li>- hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet</li> <li>- ympäristöystävällinen</li> </ul>
haitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- palava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- palava</li> <li>- alipaineinen, kun th&lt;-10 °C</li> <li>- vaatimaton tilavuustuotto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erittäin myrkyllinen</li> <li>- palava</li> <li>- suuri tulistuminen puristuksessa</li> <li>- suhteellisen kallis laitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- korkea paine</li> <li>- alhainen kriittinen piste</li> <li>- syrjäyttää hapen vuotoilanteissa</li> <li>- suurissa pitoisuuksissa aiheuttaa tajuttomuutta tai jopa kuoleman (10 % ilmassa)</li> </ul>
käyttökohteita	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedenjäähdytyskoneistot</li> <li>- pienet kylmä- ja pakastekoneistot</li> <li>- lämpöpumpit</li> <li>- ilmastoinnin jäähdytys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kodin kylmälaitteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suuret vedenjäähdytyskoneistot</li> <li>- suuret kylmä- ja pakastekoneistot</li> <li>- jääratakoneistot</li> <li>- suuret lämpöpumpit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pakastekoneistot</li> <li>- pienet kylmäkaapit</li> <li>- ajoneuvojen kylmälaitteet</li> <li>- jääratojen liuos</li> <li>- lämpöpumpit</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- ilman happipitoisuusmittari ei sovellu CO<sub>2</sub>-pitoisuuden valvontaan!</li> </ul>



## Propanin altistumistavat ja ensiapu

### Altistumistavat

Kaikilla palavilla kylmäaineilla on samantyyppiset altistumistavat ja oireet sekä ensiapu. Käytännössä nämä aineet voivat imeytyä elimistöön vain hengitysteitse. Hengitysteitse altistuminen voi seurata esimerkiksi säiliön rikkoontumisesta tai vuodosta. Tällöin vuotanut neste höyrystyy hyvin nopeasti aiheuttaen ilman kyllästymisen, mistä seuraa tukehtumisen vaara suljetuissa tiloissa.

Lyhytaikaisessa altistumisessa nesteen nopea haihtuminen voi aiheuttaa paleltuman. Aineelle altistumisesta voi seurata vaikutuksia keskushermostoon. Altistuminen voi aiheuttaa tajunnantason laskua, kun suuret pitoisuudet ilmassa aiheuttavat hapenpuutetta, seurauksena voi olla tajuttomuus tai kuolema. Iso-butaanille altistuminen vaikuttaa verenkiertoelimissä johtaen toimintavajeeseen ja hengitysvajeeseen, ja suurissa pitoisuuksissa voi johtaa kuolemaan (lamauttaa keuhkojen toiminnan).

Altistumistapa	Oireet	Turvatoimet	Enslapu
Hengitystiet	Uneliaisuus, tajuttomuus, kuolema	Suljettu prosessi ja ilmanvaihto	Raitis ilma, lepo. Tekohengitystä voidaan tarvita. Toimita lääkärinhoitoon.
Iho	Nestekosketus: Paleltuma	Kylmäsuojakäsineet. Suojavaatetus	Paleltumaan: huuhtelee runsaalla vedellä. Älä riisu vaatteita. Toimita lääkärinhoitoon.
Silmät	Nestekosketus: Paleltuma	Kasvojensuojain	Huuhtelee ensin runsaalla vedellä usean minuutin ajan (poista piilolinssit mikäli mahdollista), toimita sitten lääkäriin.
Nieleminen		Syöminen, juominen ja tupakointi kielletty työn aikana.	

(Technetium Consulting, 3.)